

## 2004/12/01

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-33647

(P2001-33647A)

(43) 公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>G 0 2 B 6/16  
6/22

識別記号

3 3 1

F I

G 0 2 B 6/16  
6/22

テームコード(参考)

3 3 1 2 H 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-205450

(22) 出願日

平成11年7月19日(1999.7.19)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 松尾 昌一郎

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

(72) 発明者 谷川 庄二

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ  
クラ佐倉事業所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外3名)

Fターム(参考) 2H050 AB04Y AB05X AB10X AC09

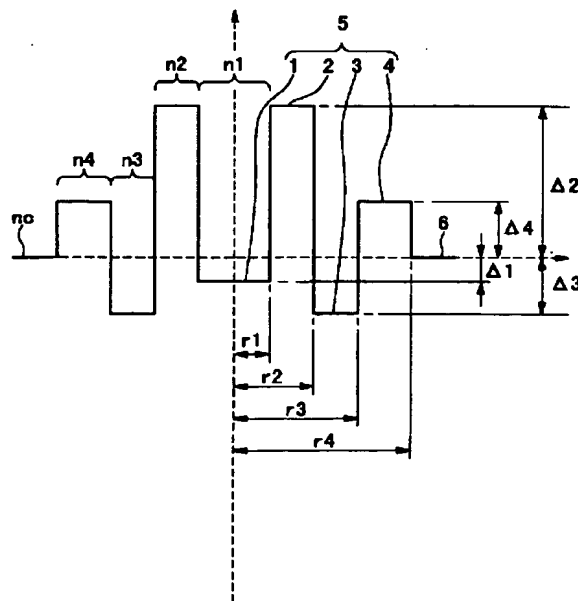
AC16 AC28 AC73 AC76 AD00

(54) 【発明の名称】 分散シフト光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が100dB/m以下であるという条件を満足し、かつ十分にAeffの拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバを提供する。

【解決手段】 2重Oリング型の屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、1490~1610nmから選択される使用波長帯において、Aeffが45~120μm<sup>2</sup>、分散スロープが0.03~0.10ps/km/nm<sup>2</sup>、曲げ損失が100dB/m以下、波長分散値の絶対値が0.5~8ps/km/nmであり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有するものを構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心コア部の外周上に、順次第1リング部、第2リング部、および第3リング部が設けられてなるコアと、このコアの外周上に設けられたクラッドからなり、これら中心コア部、第1リング部、第2リング部、および第3リング部において、クラッドを基準にしたときの比屈折率差と半径を、それぞれ( $\Delta 1$ ,  $r_1$ )、( $\Delta 2$ ,  $r_2$ )、( $\Delta 3$ ,  $r_3$ )、( $\Delta 4$ ,  $r_4$ )としたとき、 $\Delta 1$ と $\Delta 3$ は負の値、 $\Delta 2$ は正の値、 $\Delta 4$ は0以上に設定された屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、

1490~1610nmから選択される使用波長帯において、 $A_{eff}$ が45~120 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.03~0.10ps/km/nm<sup>2</sup>、曲げ損失が100dB/m以下、波長分散値の絶対値が0.5~8ps/km/nmであり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【請求項2】 請求項1に記載の分散シフト光ファイバにおいて、 $A_{eff}$ が50~75 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.03~0.06ps/km/nm<sup>2</sup>であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項3】 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.5 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項4】 請求項2に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.5\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.75\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.3\%$ 、 $1.5 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項5】 請求項1に記載の分散シフト光ファイバにおいて、 $A_{eff}$ が75~100 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.06~0.09ps/km/nm<sup>2</sup>であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項6】 請求項5に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、 $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.20\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項7】 請求項5に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 3.0$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項8】 請求項1に記載の分散シフト光ファイバにおいて、 $A_{eff}$ が100~120 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.08~0.10ps/km/nm<sup>2</sup>であることを特徴とする分散シフトファイバ。

【請求項9】 請求項8に記載の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.75\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は分散シフト光ファイバに関し、大きな有効コア断面積を有し、かつ小さい分散スロープを有するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光ファイバ増幅器を用いた光増幅中継伝送システムなどの長距離システムにおいては、非線形光学効果を低減することが重要である。非線形光学効果は非線形定数でほぼ決定される。非線形定数は $n_2/A_{eff}$ で示される。ここで、 $n_2$ は非線形屈折率、 $A_{eff}$ は有効コア断面積である。 $n_2$ は材料によりほぼ一定の値であるため、 $A_{eff}$ を拡大することは非線形光学効果を低減するのに効果的な手法である。一方、大容量伝送が可能な波長多重伝送システムにおいては、分散スロープの低減の要求が高まっている。分散スロープとは、波長分散値の波長依存性を示すもので、横軸に波長(nm)、縦軸の波長分散値(ps/km・nm)をとって分散値をプロットした際の曲線の勾配である。波長多重伝送システムにおいて、伝送路(光ファイバ)の分散スロープが大きいと、各波長間の波長分散値の差が大きくなり、伝送状態がばらつくため、全体の伝送特性が劣化する。また、光通信システムの伝送路としては、実質的にシングルモードであることや、曲げ損失を100dB/m以下に保つことが最低限の条件として要求されている。

【0003】そこで、最近では、例えば特開平10-62640号公報、特開平10-293225号公報、特開平8-220362号公報、特開平10-246830号公報などにおいて、様々な屈折率分布形状(屈折率

プロファイル)を用いて、ある程度Aeffの拡大と分散スロープの低減を図る提案がなされてきた。

【0004】図3(a)～図3(c)はこのような分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の例を示したものである。図3(a)は階段型(デュアルシェイプコア型)の屈折率分布形状の一例を示したもので、符号11は中心コア部であり、その外周上に、この中心コア部11よりも低屈折率の階段コア部12が設けられてコア14が形成されている。そして、このコア14の外周上に、前記階段コア部12よりも低屈折率のクラッド16が設けられている。

【0005】図3(b)は、セグメントコア型の屈折率分布形状の一例を示したもので、高屈折率の中心コア部21の外周上に低屈折率の中間部22が設けられ、この中間部22の外周上に、この中間部22よりも高屈折率で、かつ前記中心コア部21よりも低屈折率のリングコア部23が設けられ、さらにこのリングコア部23の外周上に、中間部22よりも低屈折率の低屈折率部25が設けられてコア24が構成されている。そして、この低屈折率部25の外周上に、低屈折率部25よりも高屈折率で、かつ前記中間部22よりも低屈折率のクラッド26が設けられている。

【0006】図3(c)は、Oリング型の屈折率分布形状の一例を示したもので、中心の低屈折率の中心コア部31の外周上に高屈折率の周辺コア部32が設けられて2層構造のコア34が構成されている。そして、このコア34の外周上に、前記周辺コア部32よりも低屈折率のクラッド36が設けられて、クラッド36を含めて3層構造の凹型の屈折率分布形状が構成されている。

【0007】また、本出願人は、セグメントコア型の屈折率分布形状において、太径解と呼ばれる領域を用いることにより、Aeffの拡大よりも分散スロープの低減が厳しく要求される光通信システムに適した分散シフト光ファイバを、特開平11-119045号公報において開示した。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来提案されている分散シフト光ファイバにおいては、実質的にシングルモードであることや、曲げ損失を100dB/m以下に保つという条件下では、Aeffの拡大と分散スロープの低減を同時に十分に満足することは困難であった。本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が100dB/m以下であるという条件を満足し、かつ十分にAeffの拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本出願人は、特許第2668677号(特願昭61-141779号)において、コアと外周上にクラッドが設けられてなり、このコ

アが前記クラッドよりも低屈折率の中心コア部の外周上に、このクラッドよりも高屈折率の第1リング部が設けられ、この第1リング部の外周上に、このクラッドよりも低屈折率の第2リング部が設けられ、この第2リング部の外周上に、このクラッドの屈折率以上の屈折率を有する第3リング部が設けられて構成された2重Oリング型の屈折率分布形状を備えた分散シフト光ファイバを提案している。この分散シフト光ファイバは、曲げ損失と接続損失を低減したものであったが、本発明者らの検討により、その構造パラメータを調整することによって、Aeffの拡大と分散スロープの低減を同時に実現できることが明らかとなった。すなわち、前記課題を解決するために、本発明の第1の発明は、中心コア部の外周上に、順次第1リング部、第2リング部、および第3リング部が設けられてなるコアと、このコアの外周上に設けられたクラッドからなり、これら中心コア部、第1リング部、第2リング部、および第3リング部において、クラッドを基準にしたときの比屈折率差と半径を、それぞれ( $\Delta 1$ ,  $r 1$ )、( $\Delta 2$ ,  $r 2$ )、( $\Delta 3$ ,  $r 3$ )、( $\Delta 4$ ,  $r 4$ )としたとき、 $\Delta 1$ と $\Delta 3$ は負の値、 $\Delta 2$ は正の値、 $\Delta 4$ は0以上に設定された屈折率分布形状を有する分散シフト光ファイバにおいて、1490～1610nmから選択される使用波長帯において、Aeffが45～120 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.03～0.10ps/km/nm<sup>2</sup>、曲げ損失が100dB/m以下、波長分散値の絶対値が0.5～8ps/km/nmであり、かつ実質的にシングルモード伝搬となるカットオフ波長を有することを特徴とする分散シフト光ファイバである。第2の発明は第1の発明の分散シフト光ファイバにおいて、Aeffが50～75 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.03～0.06ps/km/nm<sup>2</sup>であることを特徴とする分散シフトファイバである。第3の発明は、第2の発明の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.5 \leq r 2 / r 1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r 3 - r 2) / r 1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r 4 - r 3) / r 2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバである。第4の発明は、第2の発明の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.5\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.75\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.3\%$ 、 $1.5 \leq r 2 / r 1 \leq 2.5$ 、 $1.5 \leq (r 3 - r 2) / r 1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r 4 - r 3) / r 2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバである。第5の発明は、第1の発明の分散シフト光ファイバにおいて、Aeffが75～100 $\mu\text{m}^2$ 、分散スロープが0.06～0.09ps/km/nm<sup>2</sup>であることを特徴とする分散シフトファイバであ

る。第6の発明は、第5の発明の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が負の値を有し、 $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.20\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバである。第7の発明は、第5の発明の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.05\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.85\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.15\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 3.0$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバである。第8の発明は、第1の発明の分散シフト光ファイバにおいて、 $A_{eff}$ が $100 \sim 120 \mu m^2$ 、分散スロープが $0.08 \sim 0.10 ps/km/nm^2$ であることを特徴とする分散シフトファイバである。第9の発明は、第8の発明の分散シフト光ファイバにおいて、波長分散値が正の値を有し、かつ $-0.50\% \leq \Delta 1 \leq -0.25\%$ 、 $0.65\% \leq \Delta 2 \leq 0.75\%$ 、 $-0.50\% \leq \Delta 3 \leq -0.25\%$ 、 $0.0\% \leq \Delta 4 \leq 0.30\%$ 、 $1.3 \leq r_2/r_1 \leq 2.5$ 、 $0.5 \leq (r_3 - r_2)/r_1 \leq 1.5$ 、 $0.5 \leq (r_4 - r_3)/r_2 \leq 2.0$ であることを特徴とする分散シフトファイバである。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は本発明の分散シフト光ファイバの2重リング型の屈折率分布形状の一例を示したもので、この屈折率分布形状はコア5とこのコア5の外周上に設けられたクラッド6とからなり、このコア5は、前記クラッド6よりも低屈折率の中心コア部1の外周上に、前記クラッド6よりも高屈折率の第1リング部2が設けられ、この第1リング部2の外周上に、前記クラッド6よりも低屈折率の第2リング部3が設けられ、第2リング部3の外周上に、このクラッド6の屈折率以上の屈折率を有する第3リング部4が設けられて構成されている。

【0011】この分散シフト光ファイバにおいて、例えば中心コア部1と第2リング部3は屈折率を低下させる作用を有するフッ素を添加したフッ素添加石英ガラス、第1リング部2と第3リング部4は屈折率を上昇させる作用を有するゲルマニウムを添加したゲルマニウム添加石英ガラス、クラッド6は純石英ガラスから構成されている。なお、分散シフト光ファイバの屈折率分布形状においては、図1に示したように各層（中心コア部1、第1リング部2、第2リング部3、第3リング部4、クラッド6）の境界が明確ではなく、丸みを帯びた、いわゆるだれを生じた状態であってもよい。

【0012】また、 $\Delta 1$ はクラッド6の屈折率を基準に

したときの中心コア部1の比屈折率差、 $\Delta 2$ はクラッド6の屈折率を基準にしたときの第1リング部2の比屈折率差、 $\Delta 3$ はクラッド6の屈折率を基準にしたときの第2リング部3の比屈折率差、 $\Delta 4$ はクラッド6の屈折率を基準にしたときの第3リング部4の比屈折率差である。 $\Delta 1$ と $\Delta 3$ は負の値を有し、 $\Delta 2$ は正の値を有し、 $\Delta 4$ は0以上である。すなわち、中心コア部1の屈折率 $n_1$ と第2リング部3の屈折率 $n_2$ はクラッド6の屈折率 $n_c$ よりも小さく、第1リング部2の屈折率 $n_2$ はクラッド6の屈折率 $n_c$ よりも大きく、第3リング部4の屈折率 $n_3$ はクラッド6の屈折率 $n_c$ 以上の値に設計されている。また、 $r_1$ は中心コア部1の半径、 $r_2$ は第1リング部2の半径、 $r_3$ は第2リング部3の半径、 $r_4$ は第3リング部4の半径である。

【0013】本発明の分散シフト光ファイバの使用波長帯は $1490 \sim 1610 nm$ の範囲から適度な波長幅の波長帯が選択される。例えば、光通信システムに用いる光ファイバ増幅器による増幅波長帯などによって、 $1490 \sim 1530 nm$ の範囲から所定の波長幅を有する波長帯（例えば $1500 \sim 1520 nm$ ）が選択される。または、 $1530 \sim 1570 nm$ の範囲から所定の波長幅を有する波長帯（例えば $1540 \sim 1565 nm$ ）が選択される。または、 $1570 \sim 1610 nm$ の範囲から所定の波長幅を有する波長帯（例えば $1570 \sim 1600 nm$ ）が選択される。これらの中でも近年多く用いられているのは $1530 \sim 1570 nm$ の範囲である。

【0014】 $A_{eff}$ は以下の式から求められるものである。

【0015】

【数1】

$$A_{eff} = \frac{2\pi \left\{ \int_0^\infty a |E(a)|^2 da \right\}^2}{\int_0^\infty a |E(a)|^4 da}$$

$a$ : コアの半径

$E(a)$ : 半径 $a$ での電界強度

【0016】本発明において、使用波長帯における $A_{eff}$ が $45 \mu m^2$ 未満であると、非線形効果の抑制が不十分である。 $A_{eff}$ が $120 \mu m^2$ をこえるものは製造が困難である。

【0017】また、使用波長帯における分散スロープは、上述のように小さい程好ましく、本発明において、使用波長帯における分散スロープは $0.03 \sim 0.10 ps/km/nm^2$ とされる。 $0.10 ps/km/nm^2$ をこえると波長分散値の波長依存性が大きくなり、波長多重伝送システムへの適用において不都合となる場合がある。 $0.03 ps/km/nm^2$ 未満のものは製造が困難である。

【0018】曲げ損失は、使用波長帯において曲げ直径

(2R)が20mmの条件の値をいうものとする。曲げ損失は小さい程好ましく、本発明においては、曲げ損失は100dB/m以下、好ましくは50dB/m以下とされる。使用波長帯における曲げ損失が100dB/mをこえると、分散シフト光ファイバに加えられる僅かな曲がりなどによって伝送損失が劣化しやすくなるため不都合である。

【0019】使用波長帯における波長分散値は、その絶対値が0.5~8ps/km/nmの範囲とされる。すなわち、本発明の分散シフト光ファイバの波長分散値は、正の値を設定することもできるし、負の値を設定することもできる。0.5ps/km/nm未満の場合は波長分散値が零に近くなり、非線形効果のひとつである4光子混合が発生しやすくなるため不都合である。また、8ps/km/nmをこえると伝送特性の劣化が大きくなるため、本発明の分散シフト光ファイバとしては不都合である。

【0020】また、本発明の分散シフト光ファイバはシングルモード光ファイバであるため、使用波長帯において、実質的にシングルモード伝搬を保証するカットオフ波長を有する必要がある。通常のカットオフ波長は、CITTの2m法(以下2m法と記す)による値によって規定されている。しかし、実際の長尺の使用状態においては、この値が使用波長帯の下限値よりも長波長側であってもシングルモード伝搬が可能である。

【0021】したがって、本発明の分散シフト光ファイバにおいて、2m法で規定されるカットオフ波長は、分散シフト光ファイバの使用長さ和使用波長帯によってシングルモード伝搬可能であるように設定する。具体的には、例えば2m法におけるカットオフ波長が1.8μm以下であれば、5000m程度以上の長尺の状態、上述の使用波長帯におけるシングルモード伝搬を実現することができる。

【0022】このような特性を満足するための構成について、検討の経緯とともに以下に説明する。図2は種々の構造パラメータを設定して求めた特性値の解析結果である。なお、σは波長分散値、dσ/dλは分散スロープである。この図より、r2/r1を小さく設定すると、Aeffが拡大する傾向があることがわかる。よって、Aeffの拡大という観点からは、r2/r1を2.5以下に設定すると好ましい。また、r2/r1が小さくなりすぎると波長分散値の絶対値が大きくなる傾向があるため、本発明の分散シフト光ファイバとして適切な波長分散値を得るためには、r2/r1を1.3以上に設定すると好ましい。

【0023】また、解析の結果より、Δ2は0.65~0.85%の範囲に設定すると好ましい。Δ2が大きすぎるとAeffの拡大と分散スロープの低減の両立が困難となり、小さすぎると所望の波長分散値を得ることができない。また、第2リング部3の構造パラメータ(Δ

3, r3)はAeff、分散スロープの設定値によって制限される。また、第3リング部4の構造パラメータ(Δ4, r4)は、分散スロープとカットオフ波長の設定値によって制限される。そして、これらの構造パラメータの設定値によって、波長分散値を正、負のいずれの値にも設定することができ、分散シフト光ファイバを適用する光通信システムの要求などによって適宜調整可能である。

【0024】このような解析の結果、波長分散値を正の値または負の値のいずれに設定するかによって、所望の特性の対する構造パラメータの制限が異なることがわかった。

【0025】例えば、Aeffが50~75μm<sup>2</sup>、分散スロープが0.03~0.06ps/km/nm<sup>2</sup>のものを得ようとするときに波長分散値を負の値に設定する場合は、-0.50%≤Δ1≤-0.25%、0.65%≤Δ2≤0.85%、-0.50%≤Δ3≤-0.25%、0.0%≤Δ4≤0.30%、1.5≤r2/r1≤2.5、1.5≤(r3-r2)/r1≤2.5、0.5≤(r4-r3)/r2≤2.0という構造パラメータの条件を満足する必要がある。同様の特性において、波長分散値を正の値に設定する場合は、-0.5%≤Δ1≤-0.05%、0.75%≤Δ2≤0.85%、-0.50%≤Δ3≤-0.15%、0.0%≤Δ4≤0.3%、1.5≤r2/r1≤2.5、1.5≤(r3-r2)/r1≤2.5、0.5≤(r4-r3)/r2≤2.0という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

【0026】Aeffが75~100μm<sup>2</sup>、分散スロープが0.06~0.09ps/km/nm<sup>2</sup>のものを得ようとするときに波長分散値を負の値に設定する場合は、-0.50%≤Δ1≤-0.20%、0.65%≤Δ2≤0.85%、-0.50%≤Δ3≤-0.25%、0.0%≤Δ4≤0.30%、1.3≤r2/r1≤2.5、0.5≤(r3-r2)/r1≤1.5、0.5≤(r4-r3)/r2≤2.0という構造パラメータの条件を満足する必要がある。同様の特性において、波長分散値を正の値に設定する場合は、-0.50%≤Δ1≤-0.05%、0.65%≤Δ2≤0.85%、-0.50%≤Δ3≤-0.15%、0.0%≤Δ4≤0.30%、1.3≤r2/r1≤3.0、0.5≤(r3-r2)/r1≤2.5、0.5≤(r4-r3)/r2≤2.0という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

【0027】さらに、Aeffが100~120μm<sup>2</sup>、かつ分散スロープが0.08~0.10ps/km/nm<sup>2</sup>のものを得ようとするときに波長分散値を正の値に設定する場合は、-0.50%≤Δ1≤-0.25%、0.65%≤Δ2≤0.75%、-0.50%≤Δ3≤-0.25%、0.0%≤Δ4≤0.30%、

10

20

30

40

50

1.  $3 \leq r2/r1 \leq 2.5$ ,  $0.5 \leq (r3-r2)/r1 \leq 1.5$ ,  $0.5 \leq (r4-r3)/r2 \leq 2.0$  という構造パラメータの条件を満足する必要がある。

【0028】表1は、種々の構造パラメータの組合わせを設定し、実際にCVD法によって試作した分散シフト\*

\* 光ファイバの特性を示したものである。なお、表中 $\lambda_c$ はカットオフ波長、MFDはモードフィールド径、 $\alpha_b$  @ 20φは曲げ損失である。

【0029】

【表1】

$r2/r1$	$(r3-r2)/r1$	$(r4-r3)/r2$	$\Delta 1$ [%]	$\Delta 2$ [%]	$\Delta 3$ [%]	$\Delta 4$ [%]	$\lambda_c$ [μm]	Aeff [μm <sup>2</sup> ]	MFD [μm]	$\sigma$ [ps/km/nm]	$d\sigma/d\lambda$ [ps/km/nm <sup>2</sup> ]	$\alpha_b$ @20φ [dB/m]
2.0	1.0	1.0	-0.4	0.7	-0.4	0.2	1.52	97.06	8.12	-2.16	0.070	16.3
2.0	1.5	1.0	-0.4	0.8	-0.3	0.3	1.54	81.33	7.73	-1.99	0.067	3.3
2.5	2.0	2.0	-0.1	0.8	-0.4	0.3	1.45	51.35	7.31	-1.85	0.038	0.9
2.5	2.0	2.0	-0.1	0.7	-0.4	0.3	1.52	60.22	7.82	-2.15	0.037	10.2
2.0	2.0	1.5	-0.2	0.8	-0.4	0.3	1.52	65.03	7.44	-2.46	0.036	18.7
2.0	2.0	1.5	-0.1	0.8	-0.3	0.3	1.51	64.35	7.81	-2.39	0.044	12.9
2.5	2.0	1.5	-0.3	0.8	-0.4	0.2	1.18	50.20	7.20	-1.92	0.041	7.6
2.0	1.5	2.0	-0.2	0.8	-0.4	0.2	1.51	69.73	7.62	-2.91	0.049	6.8
2.0	2.0	2.0	-0.4	0.8	-0.3	0.2	1.56	74.11	7.51	-2.09	0.049	14.6
2.5	2.0	2.0	-0.3	0.8	-0.3	0.2	1.27	54.62	7.51	-2.91	0.052	2.5
2.0	0.5	1.5	-0.3	0.7	-0.4	0.1	1.57	101.55	8.93	2.06	0.081	6.4
1.5	2.0	0.5	-0.2	0.8	-0.4	0.3	1.53	111.32	7.59	2.94	0.083	19.2
2.0	0.5	1.0	-0.4	0.7	-0.4	0.2	1.59	112.39	9.33	3.48	0.087	11.7
1.5	1.5	0.5	-0.1	0.8	-0.2	0.3	1.59	116.42	8.49	2.85	0.076	19.0
2.0	2.0	1.5	-0.4	0.8	-0.4	0.1	1.44	70.24	7.10	3.23	0.066	3.1
2.0	1.5	2.0	-0.2	0.8	-0.3	0.1	1.45	70.27	7.62	3.43	0.064	0.8
2.0	1.5	2.0	-0.3	0.8	-0.4	0.1	1.50	74.37	7.30	3.25	0.065	0.7
3.0	1.5	2.0	-0.4	0.7	-0.3	0.3	1.28	74.54	9.24	2.54	0.085	13.6
3.0	2.0	2.0	-0.3	0.6	-0.3	0.3	1.53	74.59	8.74	2.43	0.060	8.9
2.0	1.0	1.5	-0.3	0.7	-0.4	0.0	1.51	85.95	7.82	2.28	0.068	4.8
2.0	1.5	1.0	-0.3	0.7	-0.4	0.2	1.49	86.02	7.70	2.53	0.063	5.4
2.0	1.0	0.5	-0.2	0.7	-0.4	0.3	1.47	86.37	8.22	2.78	0.069	4.7
2.0	0.5	1.0	-0.4	0.7	-0.3	0.0	1.44	94.69	8.64	3.47	0.078	17.7
2.0	1.0	1.5	-0.4	0.7	-0.2	0.0	1.56	95.43	8.19	2.76	0.073	2.8
2.5	1.0	2.0	-0.4	0.6	-0.4	0.2	1.59	99.68	9.20	2.34	0.075	17.0

\*測定は全て1550nm,  $\lambda_c$ は2m法による

【0030】表1より、使用波長1550nmにおいて、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が100dB/m以下であるという条件を満足し、かつ十分にAeffの拡大と分散スロープの低減を図ることができ

【0031】

【発明の効果】以上説明したように本発明においては、実質的にシングルモードであり、かつ曲げ損失が100dB/m以下であるという条件を満足し、かつ十分にAeffの拡大と分散スロープの低減を図ることができる分散シフト光ファイバが得られる。よって、特に波長多重伝送システムに対して最適な分散シフト光ファイバを提供することができる。また、構造パラメータの設定値によって、波長分散値を正、負のいずれの値にも設定す

ることができるため、分散シフト光ファイバを適用する光通信システムの要求に柔軟に対応可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の一例を示した図である。

【図2】 種々の構造パラメータを設定して求めた特性値（分散スロープ、Aeff）の解析結果を示したグラフである。

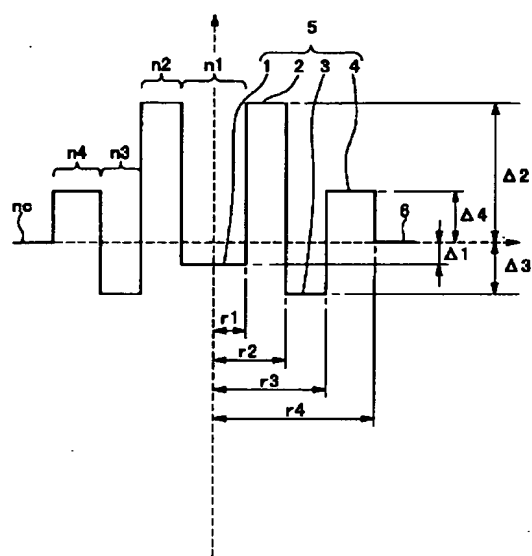
【図3】 図3（a）～図3（c）は、従来の分散シフト光ファイバの屈折率分布形状の一例を示した図である。

【符号の説明】

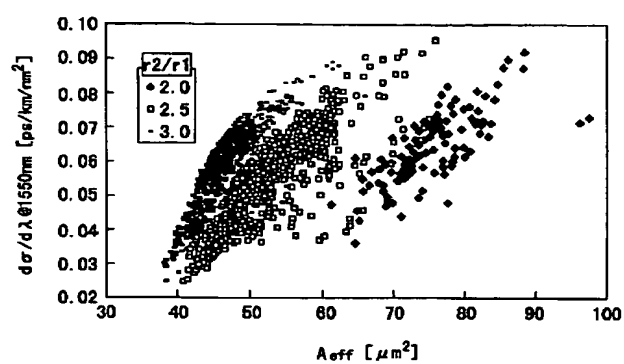
1…中心コア部、2…第1リング部、3…第2リング部、4…第3リング部、5…コア、6…クラッド。



【図1】



【図2】



【図3】

